

# DIMENZIONA STABILIZACIJA DRVETA POLIETILEN-GLIKOLOM (PEG)\*

Vladislav Zdravković

UDK 630\*847.6:547.422.22  
Stručni rad

**Izvod:** U ovome radu razmatrana je primena polietilen-glikola 1000 (PEG) u stabilizaciji pripremi za sušenje posebnih drvnih proizvoda. PEG proces je posebno pogodan za proizvode kao što su posude od masivnog drveta, lampe, delovi stolova, rezbareni proizvodi, kundaci za puške, za konzervaciju arheoloških predmeta-svuda gde je potrebno da masivan materijal ostane bez pukotina. PEG tretman nije zamena za konvencionalno sušenje ali je dobra alternativa i dopuna za osetljive i skupe proizvode.

**Ključne reči:** polietilen-glikol, stabilizacija drveta, hemijsko sušenje drveta.

## DIMENSIONAL WOOD STABILIZATION BY POLYETHYLENE GLYCOL (PEG)

**Abstract:** In this paper the application of Polyethyleneglycol-1000 (PEG) in stabilization and preparing for drying of special wood products has been discussed. The PEG process is ideally suited for projects such as solid-wood bowls, lamps, slab tables, carvings, rifle stocks, for preserving archaeological specimens-all of which require thicker materials and must remain crack free. PEG treatment is not replacement for conventional drying, but it is good alternative addition for sensitive and expensive products.

**Key words:** polyethyleneglycol, wood stabilization, chemical wood drying.

## 1. UVOD

Prednosti drveta nad ostalim materijalima su njegova dostupnost, laka obradivost, lepota, toplina, bogatstvo boja i tekstura, tako da se ono već vekovima koristi za izradu velikog broja proizvoda.

Međutim, drvo je ujedno i veoma kompleksan materijal biološkog porekla, sa svojim nedostacima. Drvo je higroskopan materijal anizotropnih svojstava. Drvo se uteže i bubri sa promenom atmosferske vlage i temperature. U vezi sa tim javljaju se dodatni problemi u vidu pukotina, raspuklina, grešaka oblika i dimenzija i grešaka koje se javljaju posle lepljenja i površinske obrade.

Drvo se, kao higroskopan materijal uteže kada otpušta vlagu (suši se) i bubri kada prima vlagu. Ove promene su različite u različitim anatomskim pravcima. Za izradu većine proizvoda drvo je potrebno

osušiti na vlažnost najčešće od 6% do 12%, i kada su veće količine u pitanju to se može efikasno uraditi samo u komercijalnim sušarama.

Parcijalno utezanje drveta (od oblasti zasićenosti žice do konačne vlažnosti) u tangencijalnom anatomskom pravcu je približno dva puta veće nego u radijalnom. To izaziva velika unutrašnja naprezanja u drvetu tokom sušenja tako da se drvo deformiše, koritavi se, krivi i uvija. Uz pažljivo vođenje procesa sušenja u konvencionalnim sušarama i kontrolisano održavanje vlage i temperature u sušari ove pojave se mogu svesti na razumnu meru.

Postoji posebna grupa proizvoda od drveta kod kojih nije pogodno vršiti konvencionalno sušenje vlažnim vazduhom, iz zbog njihove osetljivosti i zbog male količine. To su vidovi drvene galanterije, materijal za tokarene posude, činije, umetnički rezbareni predmeti, kundaci za oružje. Za konvencionalno

sušenje pogodno je drvo pravog toka vlaknaca. Na primer obratke za kundake pušaka od oraha, sa puno grube i nepravilne teksture, veoma je teško sušiti u konvencionalnoj sušari bez grešaka.

Za obradu pomenutih predmeta posebno je pogodan metod hemijskog tretmana pomoću polietilen-glikola (poznat kao PEG) koji može potpuno da stabilizuje drvo i spreči greške koje mogu nastati kasnije – prilikom sušenja.. Ovaj metod je pogodan za konzervaciju drvenih predmeta iz oblasti podvodne arheologije i drugih artefakta. Tako da je na primer, konzerviran 30 tona težak vikinški brod pomoću kombinacija polietilen-glikola različite molarne

---

*Dr Vladislav Zdravković, vanr. prof.,  
Univerzitet u Beogradu, Šumarski  
fakultet.*

\* Rad je finansiran sredstvima projekta TR 20026 Ministarstva nauke Republike Srbije..

mase (najpre PEG 200, a zatim teži, PEG 3000 i PEG 4000).

Tretman polietilen-glikolom je pogodan i za površinsku stabilizaciju drveta pre bojenja raznim premazima. Naime, kratkim PEG tretmanom površina drveta se stabilizuje, tako da posle nanošenja boje drvo prestaje da „radi“ ispod boje i eliminišu se pukotine i ljuspanje boje.

Tretman polietilen-glikolom je pogodan i kada se želi u proizvodu sačuvati kora ili njeni delovi.

## 2. ŠTA JE POLIETILEN-GLIKOL (PEG)?

Prve eksperimente sa PEG-om u stabilizaciji i sušenju drveta vršio je sredinom pedesetih godina prošlog veka čuveni stručnjak za relacije drvo–voda dr Alfred Stamm u Forest Products Laboratory, u Medisonu.

Iako je hemijski srodan etilen-glikolu koji je monomer i sastavni je deo antifrizna, poliethilen-glikol je polimer molekulske mase od 200 do čak 6000. PEG može imati vrlo različitu molekulska masu u zavisnosti od primene od obrade raznih materijala, gde je ona veća, do primene u kozmetici za losione i dezodoranse, u farmaceutskoj industriji – kao vezivo za tablete gde je molekulska masa manja. Primena niskomolekularnog PEG-a u farmaceutskoj industriji potvrđuje da je on bezopasan po zdravlje ljudi. PEG 1000, koji se najčešće koristi za stabilizaciju drveta, je bela supstanca koja ima konzistenciju voska odnosno parafina, na sobnoj temperaturi. PEG se topi na temperaturi od 36°C i ima prosečnu molekulska masu od 1000, rastvara se u toploj vodi, nema boju, ukus i miris, netoksičan je i neagresivan u smislu izazivanja korozije i ima visoku tačku paljenja od 270°C.

## 3. KAKO PEG STABILIZUJE DRVO?

Dimenziona stabilnost je iznos u kome se materijal odupire pro-

menama dimenzija sa varijacijom faktora okoline, a kod drveta su to vlažnost i temperatura. Metali, na primer, menjaju oblik i dimenzije pri promeni temperature, dok promena vlažnosti nema nikakav uticaj. Kod drveta je suprotno – malo reaguje na promenu temperature, a vrlo drastično na promenu vlažnosti okoline.

Za povećanje vlažnosti drveta od 0% do 30%, zapremina ćelijskog zida se uvećava za 30%. Međutim, makroskopsko povećanje zapremine uzorka je samo 10 do 15% (Kollmann *et al.*, 1975). Razlika između povećanja zapremine ćelijskog zida i makroskopskog bubrenja uzorka posledica je deformacija, unutrašnjih naprezanja, tečenja i pukotina. To govori o složenosti odnosa drvo–voda i nameće zaključak da se pojave na nivou ćelije ne manifestuju direktno na proizvod od drveta.

Ako se sirovo ili prosušeno drvo određeno vreme tretira rastvorom PEG-a, rastvor dopire difuzijom u finu strukturu pri atmosferskom pritisku. Za maksimalnu dimenzionu stabilnost, rastvor PEG-a mora difundovati u drvo u količini od najmanje 25 do 30% u odnosu na masu drveta u apsolutno suvom

stanju. Takav tretman umanjuje maksimalno utezanje drveta za oko 80%. Tako je drvo stalno zaštićeno od bubrenja i utezanja, kao i od promena dimenzija pod dejstvom promena atmosferske vlažnosti.

Mehanizam prodiranja PEG-a u ćelijski zid i njegova lokalizacija u ćelijskom zidu su proučavani pomoću raznih naprednih metoda: skeniranjem elektronskim mikroskopom, pomoću širokougaonog X zračenja, dinamičkim mehaničkim testovima i merenjem debljine ćelijskog zida (Wallstrom, 1995), ali mehanizam njegovog delovanja nije objašnjen. Primećena je interakcija između PEG-a i metilolnih grupa (CH<sub>2</sub>OH) u drvetu.

U suštini, rastvor PEG-a zamenjuje vodu u ćelijskom zidu i „zamrzava“ stanje drveta koje ono ima u sirovom stanju. Kako se drvo suši, molekuli PEG-a ostaju u ćelijskom zidu, sprečavajući njegovo utezanje. Na taj način može se čak očuvati i kora drveta, što je važno u izradi nekih umetničkih predmeta i galanterije (slika 1).

PEG se takođe može koristiti kao agens za pripremu za sušenje drveta. Relativno blag tretman može efikasno da spreči oštećenja koja bi nastala sušenjem sirovog drveta,



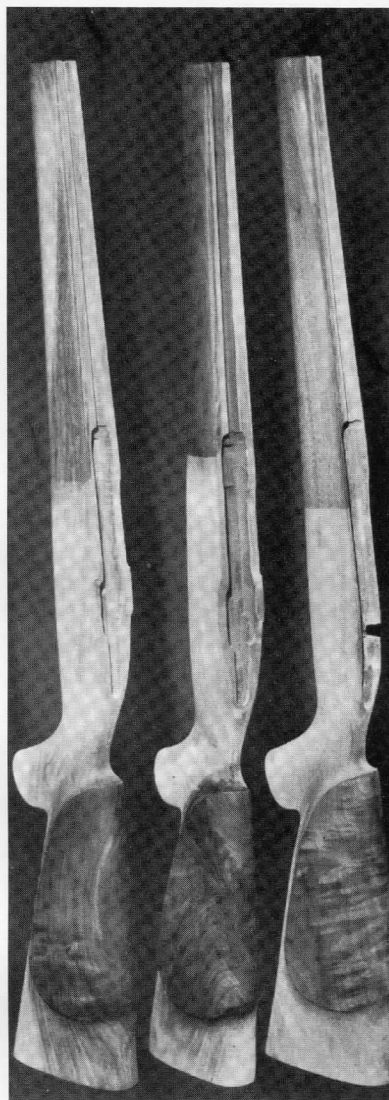
Slika 1: *Rustični sto napravljen od drveta nepravilne strukture sa korom*  
Figure 1: *Rustic table made from wood of irregular structure with bark*

vrednih sitnih umetničkih predmeta i posebnih proizvoda kao što su kundaci za oružje. Potrebno je samo da rastvor prodre dovoljno duboko da spreči raslojavanje, pukotine i promenu oblika. Dokazano je da puške izrađene od drveta tretiranog PEG rastvorom imaju veću tačnost od pušaka čiji su kundaci izrađeni od drveta sušenog na konvencionalni način.

PEG se može koristiti za tretman većih obradaka koji imaju nepravilan tok vlaknaca, namenjenih za izradu delova nameštaja i ostalih vrednih proizvoda koji mogu da podnesu cenu tretmana. Na primer, ako se debeli obraci tretiraju 10 dana u 50% PEG rastvoru na temperaturi od 54°C, mogu se sušiti u konvencionalnoj sušari pri najoštrijim režimima, a da pritom ne dođe do pojave grešaka sušenja kao što su površinske pukotine, ili čak pukotine sa čela (Hoadley, 2000).

PEG tretman ne utiče na boju i miris drveta i ima neznatan uticaj na mehanička svojstva i tvrdoću. Tretirano drvo postaje biološki stabilno, otporno na napad gljiva i insekata, ne javlja se gubitak ili degradacija impregnata s vremenom i nema hemijske promene mineralnih komponenti drveta. PEG se može koristiti i za tretiranje drveta za izradu posuda i predmeta namenjenih za ljudsku ishranu jer je netoksičan (slika 3).

Tretirano drvo se lakše mehanički obrađuje, brusi, boji i lakira ukoliko se primene pogodni mate-



Slika 2: *Kundaci za puške izrađeni od drveta tretiranog PEG-om*

Figure 2: *Rifle stocks made from PEG-treated wood*

rijali. Drvo stabilizovano PEG-om ima voskasto površinu i ne prima dobro tradicionalne premaze kao što su šelak, uljni lak i laneno ulje, dok veoma dobro podnosi poliuretanski lak.

#### 4. KAKO SE PEG PRIMENJUJE?

Koncentracija, temperatura i vreme tretiranja PEG rastvorom su najbitniji faktori. Najčešće se koriste dve koncentracije PEG rastvora, a to su 30% i 50% rastvor PEG-1000. Na primer, za pripremu 30% rastvora potrebno je rastvoriti tri dela PEG-a u sedam delova vode.

Mora se istaći da je PEG tretman drveta uspešan samo ako se primenjuje na sirovom ili delimično osušenom drvetu. Kada vlažnost opadne ispod oblasti zasićenosti vlaknaca, dešavaju se promene koje čine stabilizaciju neefikasnom.

Rastvor PEG-a mnogo brže prodiru duž vlaknaca nego popreko na vlakanca. Iz toga proizilazi da je najpogodnija primena stabilizacija diskova sirovog drveta, delova za tokarenje i delova za rezbarenje i izradu skulptura.

Tretman drveta PEG rastvorom se ne preporučuje za veće elemente za nameštaj jer se i na konvencionalan način drvo za tu namenu može brže i jeftinije osušiti.

Nije moguće dati precizne režime za natapanje drveta PEG-om zbog velikog broja varijabli, naročito



Slika 3: *Posude tretirane PEG-om tokarene iz sirovih trupčica*

Figure 3: *PEG-treated bowls turned directly from green logs*

samog drveta. Kao sugestija mogu se koristiti režimi za diskove od oraha debljine 25–38 mm i 50–75 mm i prečnika 228 mm, koje je dala Forest Products Laboratory. Da bi se obezbedila maksimalno moguća dimenziona stabilnost, drvo je potrebno natopiti rastvorom PEG-a od minimum 25 do 30% njegove mase u apsolutno suvom stanju. Da bi se to postiglo kod grubo izrezanih orahovih obradaka debljine 25 mm potrebno ih je držati u 50% PEG rastvoru 30 dana na temperaturi od 54°C. Za obradke debljine 30 mm ovo vreme se produžava na 45 dana. Za vrste drveta manje gustine, kao što su beli bor ili žuta topola, može se probati sa pola do dve trećine vremena potrebnog za orah, dok se za vrste drveta veće gustine, kao što su bukva ili hikorija, vreme preporučeno za orah povećava dva do tri puta. U toku tretmana neophodno je pratiti proces, naročito koncentraciju aktivne supstance u rastvoru, kao i održavati temperaturu. Na taj način se tačno zna kada treba dodati više PEG-a ili dodati vodu.

Tretiranje PEG rastvorom vrši se u staklenim ili plastičnim sudovima, metalni se ne koriste zbog reakcija metala sa ekstraktivnim materijama iz drveta, prvenstveno taninom. Ukoliko se tretiraju diskovi drveta ili manji grubo obrađeni umetnički predmeti, potrebno je obezbediti da budu potpuno potopljeni u rastvor i da se odvija nesmetana cirkulacija. Za najbolje rezultate u dugim tretmanima, potrebno je

da sud ima električne grejače za održavanje stalne temperature, kao i cirkulacionu pumpu koja meša rastvor u određenim vremenskim intervalima.

Posle tretmana PEG-om, obraci se mogu sušiti pri ostrim režimima koji uključuju male sušnice ili čak izlaganje sunčevoj svetlosti, bez velike bojazni da će nastati pukotine. Međutim u tim slučajevima postoji opasnost od promene boje.

## 5. ZAKLJUČAK

Konvencionalno sušenje malih količina drveta za izradu vrednih predmeta od drveta koji se ne rade u velikim serijama pri blagim režimima ima alternativu u impregnaciji polietilen-glikolom (PEG). Kod konvencionalnog sušenja troškovi materijala, opreme, rada, grejanja i električne energije su značajni, ne garantuju rezultat, dok kod primene PEG tretmana imamo praktično samo troškove materijala.

PEG tretman je izuzetno pogodan za stabilizaciju drveta nepravilne teksture, delova iz predela korena i grana, koji je gotovo nemoguće sušiti u konvencionalnim sušarama a da se ne pojave greške. Neretko pojedinačna cena proizvoda prelazi 100 \$ (na primer materijal za izradu kundaka za oružje) i tu je stabilizacija PEG-om superiorna u odnosu na konvencionalne metode.

Cena hemikalija za PEG tretman je od ključnog značaja kada se

donosi odluka o njegovoj primeni. Drugi značajan faktor je efekat. On se najbolje može utvrditi ako se nekoliko uzoraka ostavi netretirano, pa se oni posle sušenja uporede sa tretiranim uzorcima. Ukoliko je razlika velika, opredelićemo se za PEG tretman.

PEG tretman ne može da zameni ostale načine sušenja, ali ima svoju primenu posebno na polju konzervacije vrednih artefakta, umetničkih predmeta i posebnih, pojedinačno skupih proizvoda.

## LITERATURA

- Grattan, D. (2000): Polyethylene Glycol (PEG). Canadian Conservation Institute.
- Hoadley, B. (2000): Understanding wood - a craftman's guide to wood technology. The Taunton Press, Inc, p. 280.
- Kollmann E., Kuenzi W., Stamm A. (1975): Principles of wood science and technology. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, New York, p. 502.
- Mitchel, H.L. (1972): How PEG helps the hobbyist who works with wood. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, FPL
- Spielman, P. (1980): Working Green Wood with PEG. Sterling Publishing Co., Inc. New York.
- Wallstrom L., Lindberg K. (1995): Wood surface stabilization with Polyethyleneglycol, PEG. Wood Science and Technology, 29, Springer-Verlag, pp. 109-119.